

Process for the energy-efficient operation of a distillation column

Patent number: DE3522234
Publication date: 1987-01-02
Inventor: KAIBEL GERD (DE); HARTMANN HORST (DE)
Applicant: BASF AG (DE)
Classification:
- **International:** *B01D3/14; B01D3/42; B01D3/14; B01D3/42; (IPC1-7):*
B01D3/14
- **European:** B01D3/14; B01D3/42D
Application number: DE19853522234 19850621
Priority number(s): DE19853522234 19850621

Report a data error here

Abstract of **DE3522234**

Process for the energy-efficient operation of a distillation column, which is provided in a section with a longitudinal division - executed in the form of a partition - for repressing transverse mixing of liquid streams and vapour streams, in which - in the longitudinally divided region of the column, in the central region of the part, which is situated both above the feed point and above the take-off point of the side fraction or in the case of two take-off points above the topmost take-off point, temperature measurement points are arranged in pairs in the feed part and in the take-off part at the same height of the column and/or - in the longitudinally divided region of the column, in the central region of the part, which is situated both beneath the take-off point of the side fraction or in the case of two take-off points beneath the lowest take-off point, temperature measurement points are arranged in pairs in the feed part and in the take-off part at the same height of the column, and - by means of a temperature difference control, which is performed automatically or manually, the temperatures at the described measurement points are adjusted in such a way that the temperature in the feed part at the upper measurement point is lower than, or at most the same as, in the take-off point and the temperature in the feed part at the lower measurement point is higher than, or at least exactly as high as, in the take-off part and - the control operation used for the temperature difference control is the liquid division at the top end of the longitudinal division.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

12



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 35 22 234 C 2

⑤1 Int. Cl. 5:
B 01 D 3/42
B 01 D 3/14

②1 Aktenzeichen: P 35 22 234.4-44
②2 Anmeldetag: 21. 6. 85
④3 Offenlegungstag: 2. 1. 87
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 17. 2. 94

DE 35 22 234 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:
BASF AG, 67063 Ludwigshafen, DE

⑦2 Erfinder:
Kaibel, Gerd, 68623 Lampertheim, DE; Hartmann,
Horst, 67459 Böhl-Iggelheim, DE

⑤5 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
US 42 30 533

⑤4 Verfahren zum energie günstigen Betreiben einer Destillationskolonne

DE 35 22 234 C 2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum energiegie-
n- stigen Betreiben einer Destillationskolonne (im weite-
ren Kolonne genannt), die in einem Teilbereich eine
Längsunterteilung — ausgeführt in Form einer Trenn-
wand — zur Unterdrückung einer Quervermischung
von Flüssigkeits- und Brüdenströmen aufweist. Mittels
dieser Längsunterteilung wird die Kolonne in ihrem
mittleren Bereich in einen Zulauf- und einen Entnahme-
teil unterteilt.

Bei der destillativen Zerlegung eines Gemisches in
reine Fraktionen erfolgt die Trennung im allgemeinen in
einer Reihe hintereinander geschalteter Kolonnen, wo-
bei aus jeder Kolonne eine und aus der letzten zwei
Reinfraktionen gewonnen werden. Zur Senkung der In-
vestitionskosten können anstelle selbständiger Kolon-
nen auch Seitenkolonnen in Verbindung mit Hauptko-
lonnen benutzt werden. Eine weitere Vereinfachung be-
steht darin, die Seitenkolonnen wegzulassen und Seiten-
fraktionen über dampfförmige oder flüssige Seitenabzü-
ge direkt zu entnehmen.

Nachteilig wirkt sich bei der Entnahme von Seiten-
fraktionen aus, daß dieselben grundsätzlich verunreinigt
sind. Der Grad dieser Verunreinigung läßt sich durch
höhere Rücklaufverhältnisse verringern, dies bedeutet
jedoch größere Heizenergiemengen.

Dieser Nachteil kann umgangen werden, wenn man
spezielle Kolonnen benutzt, die in einem Teilbereich der
Kolonnen Trennwände zur Verhinderung einer Quer-
vermischung von Flüssigkeits- und Brüdenströmen be-
sitzen. Solche Kolonnen weisen im Vergleich zu ande-
ren Kolonnenschaltungen den niedrigsten Energiever-
brauch auf und erlauben es, bis zu 4 Reinfraktionen aus
einer einzigen Kolonne zu entnehmen.

Die Wirksamkeit einer Kolonne mit Längsuntertei-
lung kann jedoch nur dann voll zum Tragen kommen,
wenn die Aufteilung des Brüdenstroms am unteren En-
de der Längsunterteilung und die Aufteilung des Flüs-
sigkeitsstroms am oberen Ende der Längsunterteilung
richtig erfolgt. Aus dem Zulaufteil dürfen nach oben nur
Leichtsieder und Mittelsieder und nach unten nur Hoch-
sieder und Mittelsieder austreten. Nur dann ist sicherge-
stellt, daß man aus dem Entnahmeteil eine oder zwei
reine Mittelsiederfraktionen entnehmen kann. Falsche
Einstellungen der Aufteilungsverhältnisse erfordern den
Einsatz von mehr Heizenergie.

Für den energieoptimalen Betrieb ist eine gezielte
Einstellung der Aufteilungsverhältnisse erforderlich,
wobei sich für jede Trennaufgabe eigene Werte erge-
ben. Die optimale Fahrweise kann bei Vorhandensein
eines mathematischen Modells für das Stoffsystem mit
Hilfe von Destillationsrechnungen, die allerdings wegen
des gekoppelten Systems recht kompliziert sind, ausge-
arbeitet werden.

Wenn kein brauchbares mathematisches Modell vor-
handen ist, bleibt nur die experimentelle Optimierung
der Anlage. Wegen der oft schwankenden Betriebsbe-
dingungen erweist sich dies in der betrieblichen Praxis
als schwierig. Der Grund hierfür liegt darin, daß es bei
diesem speziellen Kolonnensystem bei einer Verunrei-
nigung der Mittelsiederfraktion mit Leichtsieder bzw.
Hochsieder nicht ohne weiteres ersichtlich ist, ob das
Aufteilungsverhältnis beispielsweise der Flüssigkeit
vergrößert oder verkleinert werden muß, da die Verun-
reinigung sowohl über eine ungenügende Trennung im
Zulaufteil als auch über eine schlechte Trennung im
Entnahmeteil verursacht sein kann.

Gemäß der US-Patentschrift 4 230 533 wird dieses
Problem über aufwendige Analysen des Kolonneninhal-
tes bewerkstelligt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde,
durch eine einfache apparative Maßnahme den energie-
gie- n- stigen Betrieb einer solchen längsunterteilten Ko-
lonne ohne rechnerische oder experimentelle Optimie-
rung und für beliebige Zulaufgemische sicherzustellen.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren zum ener-
gie- n- stigen Betreiben einer Kolonne, erfindungsge-
mäß dadurch gelöst, daß man

— im längsunterteilten Bereich der Kolonne im
mittleren Bereich des Teilstücks, das sich sowohl
oberhalb der Zulaufstelle als auch oberhalb der
Entnahmestelle der Seitenfraktion oder im Falle
von 2 Entnahmestellen oberhalb der obersten Ent-
nahmestelle befindet, im Zulauf- und im Entnahme-
teil paarweise Temperaturmeßstellen auf gleicher
Höhe der Kolonne anordnet

und
im längsunterteilten Bereich der Kolonne im mitt-
leren Bereich des Teilstücks, das sich sowohl unter-
halb der Zulaufstelle als auch unterhalb der Ent-
nahmestelle der Seitenfraktion oder im Falle von 2
Entnahmestellen unterhalb der untersten Entnah-
mestelle befindet, im Zulauf- und im Entnahmeteil
paarweise Temperaturmeßstellen auf gleicher Hö-
he der Kolonne anordnet, und

— durch eine Temperaturdifferenzregelung, die
automatisch oder von Hand erfolgt, die Tempera-
turen an den beschriebenen Meßstellen so einstellt,
daß die Temperatur im Zulaufteil an der oberen
Meßstelle niedriger oder höchstens gleich hoch ist
wie im Entnahmeteil und die Temperatur im Zu-
laufteil an der unteren Meßstelle höher oder min-
destens genau so hoch ist wie im Entnahmeteil und
— als Stelleingriff für die Temperaturdifferenzre-
gelung die Flüssigkeitsaufteilung am oberen Ende
der Längsunterteilung benutzt.

Weitere Merkmale des erfindungsgemäßen Verfah-
rens sind Gegenstand der Unteransprüche.

Es versteht sich von selbst, daß das energiegie-
n- stige Betreiben auch für ein Kolonnensystem Gültigkeit hat,
bei dem der längsgeteilte Bereich der Kolonne aufge-
teilt ist in 2 Einzelkolonnen.

Bei Einhaltung dieser erfindungsgemäßen Bedingun-
gen ist eine energiegie- n- stige Fahrweise sowohl einer
Kolonne mit Längsunterteilung als auch eines oben be-
schriebenen Kolonnensystems sichergestellt. Diese er-
staunlich einfache Realisierung eines praktisch energie-
optimalen Betriebs einer solchen komplexen Kolonne
konnte experimentell für verschiedene Trennprobleme
mit sehr unterschiedlichem Destillationsverhalten ge-
funden werden. Im Falle von einfachen Stoffgemischen,
deren Stoffeigenschaften ausreichend bekannt waren
und die daher auch mit mathematischen Modellen be-
schreibbar waren, konnte diese überraschende Tatsache
auch rechnerisch bestätigt werden. Bei Einhaltung des
beschriebenen Temperaturkriteriums betragen die Ab-
weichungen vom absoluten Energieminimum weniger
als 1 %. Die Empfindlichkeit des Temperaturkriteriums
bei der beschriebenen Meßstellenanordnung erwies
sich als ungewöhnlich stark ausgeprägt. Bereits ganz
geringe Abweichungen vom optimalen Betriebspunkt
bewirken eine Verletzung der Temperaturbedingungen
und erlauben eine rechtzeitige Korrektur.

Für die Einstellung der gewünschten Temperaturwerte wurde folgende Regel gefunden. Eine Absenkung/Erhöhung der Temperatur im Zulaufteil gegenüber der Temperatur im Entnahmeteil wird durch Erhöhen/Erniedrigen der Flüssigkeitsaufgabemenge und bzw. oder Erniedrigen/Erhöhen der Brüdenmenge auf den Zulaufteil erreicht. Dabei werden die Temperaturen im oberen Teil bevorzugt durch Verändern der Flüssigkeitsmenge und die Temperaturen im unteren Teil bevorzugt durch Verändern der Brüdenaufteilung auf die geforderten Werte eingestellt.

Die Aufteilung der Brüden erwies sich als weit weniger bestimmend als die Aufteilung der Flüssigkeit. Da die gezielte Brüdenaufteilung kostenintensiver ist als die gezielte Flüssigkeitsaufteilung, wird man auf eine Regelung der Brüdenaufteilung meist verzichten. In den meisten Fällen ist es zulässig, den Wert der Brüdenaufteilung z.B. durch Halbierung der Gesamtquerschnittsfläche bei etwa 1:1 zu belassen. Abweichungen von diesem Wert bis zu ca. 40 % sind unerheblich. Lediglich bei sehr unsymmetrischen Trennproblemen muß vom Standardwert 1:1 abgewichen werden, da sich sonst das Temperaturkriterium nicht in der geforderten Weise einhalten läßt. Auf eine aufwendige Brüdenregelung kann man auch hier verzichten, da bereits eine grobe Festeinstellung beispielsweise durch eine Blende den Erfordernissen genügt.

Für die Flüssigkeitsaufteilung, die wie gefunden wurde, erstaunlicherweise ungleich wirksamer ist als die Brüdenaufteilung, ergeben sich für jedes Trennproblem eigene Werte, die in einem engen Bereich einzuhalten sind. Als vermutlich allgemeine Regel stellte sich nur heraus, daß sich bei flüssiger Seitenentnahme, die aus energetischen Gründen der dampfförmigen Entnahme vorzuziehen ist, Werte für das Aufteilungsverhältnis der Flüssigkeit auf den Zulauf- und den Entnahmeteil ergeben, die kleiner oder gleich 1 sind.

Die beschriebene Regel der Flüssigkeits- bzw. Brüdenaufteilung wirkt sich nicht auf die Abzugsbilanz der Kolonne aus und hat daher nichts zu tun mit der Kolonnenregelung im üblichen Sinne, die die Einhaltung der richtigen Abzugsbilanz und der gewünschten Entnahmekonzentrationen zum Ziel hat. Diese Regelung, die beispielsweise über eine Beeinflussung der Kopfabzugsmenge, der Seitenabzugsmenge und der Heizleistung erreicht werden kann, ist in jedem Falle erforderlich. Die erfindungsgemäße zusätzliche Beeinflussung der Aufteilungsverhältnisse dient darüber hinausgehend der energieoptimalen Fahrweise einer Kolonne mit Längsunterteilung.

Patentansprüche

1. Verfahren zum energie günstigen Betreiben einer Destillationskolonne, die in einem Teilbereich eine Längsunterteilung — ausgeführt in Form einer Trennwand — zur Unterdrückung einer Quervermischung von Flüssigkeits- und Brüdenströmen aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß man — im längsunterteilten Bereich der Kolonne im mittleren Bereich des Teilstücks, das sich sowohl oberhalb der Zulaufstelle als auch oberhalb der Entnahmestelle der Seitenfraktion oder im Falle von 2 Entnahmestellen oberhalb der obersten Entnahmestelle befindet, im Zulauf- und im Entnahmeteil paarweise Temperaturmeßstellen auf gleicher Höhe der Kolonne anordnet

und im längsunterteilten Bereich der Kolonne im mittleren Bereich des Teilstücks, das sich sowohl unterhalb der Zulaufstelle als auch unterhalb der Entnahmestelle der Seitenfraktion oder im Falle von 2 Entnahmestellen unterhalb der untersten Entnahmestelle befindet, im Zulauf- und im Entnahmeteil paarweise Temperaturmeßstellen auf gleicher Höhe der Kolonne anordnet, und

— durch eine Temperaturdifferenzregelung, die automatisch oder von Hand erfolgt, die Temperaturen an den beschriebenen Meßstellen so einstellt, daß die Temperatur im Zulaufteil an der oberen Meßstelle niedriger oder höchstens gleich hoch ist wie im Entnahmeteil und die Temperatur im Zulaufteil an der unteren Meßstelle höher oder mindestens genau so hoch ist wie im Entnahmeteil und

— als Stelleingriff für die Temperaturdifferenzregelung die Flüssigkeitsaufteilung am oberen Ende der Längsunterteilung benutzt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man den Bereich der Längsunterteilung der Destillationskolonne durch 2 parallel angeordnete Destillationskolonnen ersetzt.

3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß man zur Einstellung der Flüssigkeitsaufteilung am oberen Ende der Längsunterteilung die Reglervorschrift für die Stellgrößenänderung

$$\Delta S = K_{\text{oben}} \times (\text{Temperatur im Entnahmeteil, oben} - \text{Temperatur im Zulaufteil, oben}) + K_{\text{unten}} \times (\text{Temperatur im Entnahmeteil, unten} - \text{Temperatur im Zulaufteil, unten})$$

benutzt und das Verhältnis der Reglerverstärkungen $K_{\text{oben}}/K_{\text{unten}}$ zu 2:1 bis 1:10 einstellt, wobei ΔS die Änderung der Flüssigkeitsaufgabemenge auf den Entnahmeteil oder die Änderung des Verhältnisses der Flüssigkeitsaufgabemenge auf den Entnahmeteil zur Gesamtmenge oder — mit negativem Vorzeichen — die Änderung der Flüssigkeitsaufgabemenge auf den Zulaufteil oder die Änderung des Verhältnisses der Flüssigkeitsaufgabemenge auf den Zulaufteil zur Gesamtmenge bedeutet.

4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß man als Stelleingriff für die Temperaturdifferenzregelung die Flüssigkeitsaufteilung am oberen Ende der Längsunterteilung und zusätzlich die Brüdenaufteilung am unteren Ende der Längsunterteilung benutzt.

5. Verfahren nach den Ansprüchen 1, 2 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß man — zur Einstellung der Flüssigkeitsaufteilung am oberen Ende der Längsunterteilung die Reglervorschrift für die Stellgrößenänderung

$$\Delta SF = KF_{\text{oben}} \times (\text{Temperatur im Entnahmeteil, oben} - \text{Temperatur im Zulaufteil, oben}) + KF_{\text{unten}} \times (\text{Temperatur im Entnahmeteil, unten} - \text{Temperatur im Zulaufteil, unten})$$

benutzt und das Verhältnis der Reglerverstärkungen $KF_{\text{oben}}/KF_{\text{unten}}$ zu 3:1 bis 1:6 einstellt,

wobei ΔSF die Änderung der Flüssigkeitsaufgabemenge auf den Entnahmeteil oder die Änderung des Verhältnisses der Flüssigkeitsaufgabemenge auf den Entnahmeteil zur Gesamtmenge oder — mit negativem Vorzeichen — die Änderung der Flüssigkeitsaufgabemenge auf den Zulaufteil oder die Änderung des Verhältnisses der Flüssigkeitsaufgabemenge auf den Zulaufteil zur Gesamtmenge bedeutet und — zur Einstellung der Brüdenaufteilung am unteren Ende der Längsunterteilung die Reglervorschrift für die Stellgrößenänderung

$$\Delta SD = K D_{\text{oben}} \times (\text{Temperatur im Zulaufteil, oben} - \text{Temperatur im Entnahmeteil, oben}) + K D_{\text{unten}} \times (\text{Temperatur im Zulaufteil, unten} - \text{Temperatur im Entnahmeteil, unten})$$

benutzt und das Verhältnis der Reglerverstärkungen $K D_{\text{oben}}/K D_{\text{unten}}$ zu 1:1 bis 1:15 einstellt, wobei ΔSD die Änderung der Brüdenaufgabemenge auf den Entnahmeteil oder die Änderung des Verhältnisses der Brüdenaufgabemenge auf den Entnahmeteil zur Gesamtmenge oder — mit negativem Vorzeichen — die Änderung der Brüdenaufgabemenge auf den Zulaufteil oder die Änderung des Verhältnisses der Brüdenaufgabemenge auf den Zulaufteil zur Gesamtmenge bedeutet.